



PFR ENVIRONMENTAL, S.A.
LABORATORIO DE ANÁLISIS AMBIENTALES

Minera Panamá

# PROYECTO MINA DE COBRE PANAMÁ

## ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL (EsIA) CATEGORÍA III

*INFORME DEL PROGRAMA DE MONITOREO DE RUIDO SUBMARINO*
*CAMPAÑA N° 2. AÑO 2023*

| Compromisos de EsIA Aplicables | Periodo reportado | Elaborado por | Fecha de Emisión del Reporte |
|---|---|---|---|
| 13107<br>13217<br>13234 | 2023 | PFR ENVIRONMENTAL, SA | 16/08/2023 |



# ÍNDICE

1. **INTRODUCCIÓN** ..... 1

2. **CONSIDERACIONES PREVIAS** ..... 2

3. **OBJETIVOS DEL ESTUDIO** ..... 6

4. **METODOLOGÍA DE LOS TRABAJOS** ..... 7

5. **RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON UMBRALES DE TOLERANCIA DE ESPECIES MARINAS** ..... 11

- 5.1. CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS MUESTREOS ..... 11
- 5.2. RESULTADOS DE LAS MEDIDAS ACÚSTICAS SUBMARINAS ..... 11
- 5.3. COMPARACIÓN CON UMBRALES DE TOLERANCIA DE ESPECIES MARINAS ..... 12

6. **RESUMEN Y CONCLUSIONES** ..... 15

ANEXO 1. CERTIFICADO DE CALIBRACION Y CARACTERÍSTICAS DEL HIDRÓFONO



# 1. INTRODUCCIÓN

En el presente Informe se recogen los resultados obtenidos en la campaña nº 2 realizada el 30 de julio del año 2023, en la que se han completado las medidas acústicas submarinas de las aguas del mar Caribe en el entorno del puerto de MINERA PANAMÁ en Punta Rincón (Provincia de Colón, Distrito de Donoso, Panamá), como parte del programa de monitoreo del ruido submarino en esta zona.

De forma particular, en el informe se describen los siguientes aspectos:

- En un primer apartado, se realiza una breve revisión de los aspectos más importantes relacionados con el ruido submarino, origen y fuentes de tipo antrópico, características básicas de su propagación en el medio marino y parámetros de medida.

- El segundo apartado recoge los objetivos y alcance establecidos para el informe.

- En el tercer apartado se describen las actividades realizadas para la campaña de medidas acústicas del ruido submarino y la metodología empleada en los trabajos.

- En el cuarto apartado se presentan los resultados obtenidos en las medidas acústicas submarinas y se comparan con los umbrales de tolerancia de las principales especies marinas -y que tienen una mayor sensibilidad al ruido submarino- presentes en la zona litoral del mar Caribe frente a Punta Rincón, según los datos científicos y valores de referencia disponibles en la actualidad.

Las actividades completadas han seguido las directrices establecidas en el Programa de Monitoreo del Ruido Submarino, preparado por MINERA PANAMÁ en enero de 2015.



## 2. CONSIDERACIONES PREVIAS

Las fuentes de contaminación acústica marina producidas por las actividades humanas incluyen, entre otras, el transporte marítimo, la exploración y producción de gas y petróleo, el sonar militar e industrial, las fuentes de acústica experimental, las explosiones submarinas, militares o civiles, las actividades de ingeniería y el ruido de aviones supersónicos y la construcción y operación de instalaciones industriales (como puertos, parques eólicos, etc).

Durante la construcción de un puerto, el ruido submarino tiene un componente de tipo impulsivo de baja y media frecuencia y está relacionado, básicamente, con las actividades de pre-instalación, tales como el hincado de pilotes, la apertura de zanjas y la perforación. Durante la fase de operación del puerto, los ruidos son de tipo contínuo (ruido ambiental) y están asociados, principalmente, con el tráfico marítimo para la carga y descarga de materiales.

Estas fuentes sonoras de origen antrópico presentan impactos físicos, fisiológicos y de comportamiento sobre la fauna marina -mamíferos, reptiles, peces e invertebrados-, impactos que tendrán distinta gravedad según la cercanía a la fuente sonora.

Es importante tener en cuenta que los términos "sonido", "ruido" y "señal" son diferentes, y además, pueden significar diferentes cosas en diferentes idiomas. Los términos "ruido" y "sonido" no son sinónimos. El sonido es un término alusivo a cualquier energía acústica.

El ruido, por su parte, es un tipo de sonido que es indeseado para quien lo oye. Lo contrario de ruido es una señal; es decir, un sonido que contiene una información útil o deseable. Así, un sonido particular puede ser un ruido para unos y una señal para otros.

El sonido es un fenómeno físico que consiste en la oscilación mecánica de las partículas de un medio elástico, producida por un elemento en vibración, que es capaz de provocar una sensación auditiva, en función de la sensibilidad del receptor. El sonido se desplaza a diferente velocidad dependiendo del medio en el que se propaga. En el caso del aire, lo hace a unos 350 m/s mientras que en el agua (un fluido mucho más denso donde las partículas se encuentran más juntas) lo hace a 1450 m/s.



Esto supone un cambio significativo en el comportamiento de las ondas en ambos escenarios, siendo el agua el medio donde el sonido se transmite con mayor facilidad y por lo tanto a mayores distancias.

La oscilación de las partículas del agua (en este caso del mar), se produce de forma estacionaria, lo que significa que las partículas se mueven respecto a una posición de equilibrio transmitiendo este movimiento a sus partículas vecinas. Esta oscilación puede ser ràpida o lenta lo que diferenciamos, por ejemplo, entre sonidos graves (oscilación lenta) o agudos (oscilación rápida). Para valorar dichas oscilaciones se utiliza el concepto de frecuencia, que establece las oscilaciones por segundo que se producen en las partículas del medio respecto de su posición de equilibrio. La magnitud para medir dichas oscilaciones es el Herz (oscilaciones por segundo).

El sonido se propaga en forma de ondas de presión. Una onda, es una magnitud física que se propaga en el espacio y en el tiempo. Matemáticamente se expresa como una "función" del espacio y del tiempo, pudiendo corresponder a magnitudes tan dispares como la altura de una ola de agua, los impulsos eléctricos que rigen los latidos del corazón, o incluso la probabilidad de encontrar una partícula en mecánica cuántica. Las ondas de presión correspondientes a las ondas sonoras son variaciones de presión que se transmiten en el espacio y el tiempo resultante del movimiento de las partículas al moverse con respecto a su posición de equilibrio que a su vez transmite dicho movimiento a las partículas vecinas y así sucesivamente.

Para entender la magnitud de la Presión Sonora, se debe partir del concepto de "presión atmosférica", es decir la presión que ejerce el aire ambiental en ausencia de sonido. Se mide en una unidad del SI (Sistema Internacional) denominada Pascal (1 Pascal es igual a una fuerza de 1 newton actuando sobre una superficie de 1 metro cuadrado, y se abrevia 1 Pa). Podemos definir la presión sonora como la diferencia entre la presión instantánea debida al sonido y la presión atmosférica, y también se mide en Pa. El Nivel de presión sonora que se expresa con las siglas "Lp" es la expresión de la magnitud de la presión sonora en unidades de dB referidas a una magnitud concreta. La presión sonora tiene, en general, valores significativamente menores que el correspondiente a la presión atmosférica. Por ejemplo, los sonidos más intensos que pueden soportarse sin experimentar un dolor auditivo agudo corresponden a unos 20 Pa, mientras que los apenas audibles están cerca de 20 µPa (es la abreviatura de micropascal, es decir una millonésima parte de un pascal).



Las variaciones de presión que se producen en el oído son de la misma magnitud que la variación que se produciría al “subirnos” a una hoja de papel que estaría en el suelo.

Por su parte, el Decibelio (dB), es la unidad de medida del Nivel de Presión Sonora. No es un valor absoluto sino relativo a una medida de referencia. Se utilizan los decibelios ya que, en mamíferos (salvando las diferencias entre especies), la percepción a nivel auditivo de las variaciones de presión no es lineal, sino que se acerca más a una escala logarítmica de la que se derivan los decibelios. Las medidas en dB no son absolutas, sino que se calculan en comparación a una referencia que es diferente para medidas en aire y para medidas en agua, por lo que no se pueden comparar directamente entre si. Por todo ello, es fundamenta incluir en las medidas, la referencia respecto a la cual se han calculado los niveles, volviéndose inútil una medida sin especificar dicha referencia. Las referencias en aire son de 20µPa y en agua 1µPa.

El nivel de presión sonora tiene la ventaja de ser una medida objetiva, y bastante cómoda, de la intensidad del sonido, pero tiene la desventaja de que está lejos de representar con precisión lo que realmente se percibe. Esto se debe a que la sensibilidad del oído depende mucho de los componentes de frecuencia del sonido percibido. La definición logarítmica de la escala de decibelios implica que un incremento de diez veces en la escala de la presión sonora expresada en Pascal, corresponde a 20 dB de incremento en el nivel de presión.

Existen diferentes métodos de medición y unidades con el fin de cuantificar la amplitud y la energía de la señal de presión sonora. Los más empleados son los siguientes:

- La diferencia de presión entre la máxima presión positiva y la mínima presión negativa en una onda es la presión "peak-to-peak" (p-p). La amplitud "peak-to-peak" puede medirse directamente de los máximos a los mínimos expresándola en dBp-p.

- El pico de presión positiva de una onda se denomina presión "zero-to-peak"(0-p), y supone, aproximadamente, la mitad de la presión "peak-to- peak". En cualquier caso, la diferencia entre los dos niveles de presión correspondientes es aproximadamente de 6 dB. La amplitud "zero-to-peak" puede medirse directamente desde la línea cero de presión hasta el máximo de la onda, expresado en dB0-p.



- El concepto "Root-Mean-Square-(RMS)", o valor eficaz, se refiere a una medida estadística sobre una magnitud variable. Se obtiene a partir del valor cuadrático medio de la señal en un tiempo dado por lo que cuando se mide un pulso corto los valores sonoros RMS pueden cambiar significativamente dependiendo de la duración del tiempo de análisis. La amplitud RMS se expresa en dBRMS y debe siempre ir acompañada de la expresión del tiempo que se ha resuelto emplear para esa medición concreta a demás de la referencia sobre la cual se han realizado las medidas. Los valores de una señal contínua medida en RMS o en valor de pico se suelen diferenciar en 10-12 dB.

- La densidad espectral de energía o potencia, comúnmente llamada espectro, proporciona información sobre la distribución de la energía contenida en la señal en las diferentes frecuencias que la componen. Se expresa en dB re1 Pa/Hz.

- Nivel equivalente de sonido (Leq): Se define el Leq como el nivel constante el cual, si se mantiene durante la misma duración que la señal a estudiar, generará la misma energía acústica al receptor que esta. Es una medida comparativa entre sonidos diferentes de la misma duración

- Sound Exposure Level) (SEL) Para comparar sonidos de varios tipos o duraciones, se define el SEL como el nivel de presión de una onda constante el cual, si se mantiene durante un segundo, generará la misma energía acústica al receptor que el sonido de estudio. Se trata básicamente de un Leq normalizado en un segundo.

- Pérdida de la transmisión: La presión sonora disminuye con la distancia desde la fuente a causa de los fenómenos de absorción y de dispersión de las ondas. En un escenario "ideal", sin reflexiones ni obstáculos, la presión sonora disminuye en un factor 1 sobre la distancia considerada ((1/r, donde r = radio desde la fuente). En escenarios reales, debido a las diferentes capas de agua, la propagación del sonido y su atenuación pueden ser muy diferentes. Por ejemplo, la atenuación de la presión sonora puede reducirse si el sonido es canalizado a causa de la topografía del fondo marino y/o estratificado en la columna de agua. Los efectos de la topografía y características de la columna de agua a los que nos referimos pueden determinar situaciones muy complejas que a su vez deben tenerse en cuenta a la hora de establecer medidas correctoras de los impactos sonoros.



# 3. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

Con el fin de realizar el monitoreo del nivel sonoro submarino en el entorno del puerto del Proyecto Cobre Panamá en Punta Rincón en su fase de operación, se han establecido los siguientes objetivos:

- Comparación de los resultados obtenidos de las mediciones con los umbrales de tolerancia de las principales especies marinas con mayor sensibilidad al ruido submarino presentes en el área, según los datos científicos disponibles en la actualidad.




*Zona del Puerto de Punta Rincón en donde se efectuaron las medidas de ruido submarino en la segunda campaña de mediciones en el mes de julio 2023.*



# 4. METODOLOGÍA DE LOS TRABAJOS

Para cumplir los objetivos fijados para el programa de monitoreo, se ha realizado la siguiente campaña correspondiente al año 2023:

- Campaña nº 2. 30 de julio de 2023.

Desde el punto de vista metodológico, las características de esta campaña fueron las siguientes:

- Se seleccionaron cinco (5) estaciones de muestreo repartidas en una malla frente a la zona de Punta Rincón, representativas de la profundidad y cercanía a las fuentes potenciales generadoras de ruido (estaciones RUI-1 a la RUI-5).

- La ubicación y características de estas estaciones de muestreo se resumen en el **Cuadro 1** y se representan en el **Plano 1**.

| CUADRO 1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS ESTACIONES DE MUESTREO | | | |
|---|---|---|---|
| CÓDIGO ESTACIÓN | PROFUNDIDAD DEL AGUA (m) | COORDENADAS DATUM WGS84 HUSO 17 | |
| | | COORDENADAS UTMx | COORDENADAS UTMy |
| RUI-1 | 10,0 | E-533000 | N-997000 |
| RUI-2 | 18,0 | E-533000 | N-998000 |
| RUI-3 | 15,0 | E-532500 | N-997000 |
| RUI-4 | 6,0 | E-533000 | N-997000 |
| RUI-5 | 20,0 | E-532000 | N-997000 |

FUENTE: HOJA 1:50.000 Nº 4043 II SERIE E762. COCLÉ DEL NORTE.




*Plano 1. Ubicación de las estaciones de muestreo de ruido submarino en Punta Rincón.*



- En cada estación de muestreo se realizaron medidas con un hidrófono submarino Brüel&Kjaer Tipo 8103 a -1 y -5 m de profundidad solo en período diurno, ya que por la noche no hubo actividad en el puerto. Las características y certificado de calibración del sonómetro utilizado en los monitoreos se recogen en el **Anexo 1**.

- Para registrar las medidas se ha utilizado un equipo de medición sonora EDIROL R4. El equipo registrador se ha programado para medir en períodos de 10 minutos, almacenando todos los datos de medición estandard en la red A y red lineal y calculando el valor máximo (pico) para cada uno en el período de medición. Tanto el sonómetro-registrador, como el hidrófono se han verificado antes y después de las campañas de muestreo.

- En cada punto de muestreo y medición se han analizado los siguientes parámetros del ruido submarino:

    - Nivel de Presión Sonora (SPL) en dB re 1µPa (LL máximo en unidades dB y corregido por la red A (LA máximo en unidades dB(A)).

    - Nivel equivalente de sonido (Leq), en dB re 1µPa.

- En cada punto de muestreo y medición se han registrado, igualmente, la velocidad y dirección del viento, dirección y altura del oleaje y otras condiciones climáticas que pudieran afectar al muestreo (presencia de lluvia, etc). Todas las mediciones se han realizado desde una embarcación provista de motor fueraborda, que en cada punto apagaba motor y permanecía al pairo. Las posiciones se han georeferenciado con la ayuda de un GPS.

- Por indicación de Minera Panamá, el orden del monitoreo fue el siguiente: RUI-2, RUI-5, RUI-3, RUI-1 y RUI-4. Antes y después del monitoreo se contactó con el Control del Puerto y se dio la autorización para realizar el monitoreo. Asimismo, se mantuvo contacto por celular y radio -suministrada por Minera- con el Control del Puerto en todo momento. En todo el monitoreo se cumplieron los protocolos de bioseguiridad frente a la pandemia del Covid-19, así como el AST de seguridad en los trabajos, aprobados por Minera Panamá.



Para la determinación del ruido submarino, se ha seguido en todo momento las INSTRUCCIONES DE PROCEDIMIENTO, MANEJO Y CALIBRACION DE HIDRÓFONOS SUBMARINOS Y SONÓMETROS del Sistema de Gestión de Calidad y ensayo de EES INTERNATIONAL, SA, según la norma ISO-EIC 17025, que recoge de forma implícita la norma ISO 9001:2015.

Igualmente, se ha seguido la metodología y guía para muestreos acústicos submarinos recogida en el trabajo de la Comisión Europea "Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part II: Monitoring Guidance Specifications, JRC Scientific and Policy Report EUR 26555 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2014, doi: 10.2788/27158". Previo a la realización de los muestreos, se completó el Análisis de Seguridad del Trabajo (AST) y Plan de Trabajo, según prescripciones de MINERA PANAMÁ.




*Mediciones de ruido submarino y equipo registrador de sonido profesional EDIROL R4.*



# 5. RESULTADOS Y COMPARACIÓN CON UMBRALES DE TOLERANCIA DE ESPECIES MARINAS

## 5.1. Condiciones ambientales de los muestreos

En el **Cuadro 2** se resumen las condiciones ambientales durante la realización del monitoreo.

| CUADRO 2. CONDICIONES DEL MONITOREO ACUSTICO SUBMARINO | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CAMPAÑA MONITOREO 2023 | FECHAS DE MUESTREO | TEMPERATURA DEL AIRE (ºC) | NUBES (%) | METEOROS | VELOCIDAD DEL VIENTO (Escala B) | DIRECCIÓN DEL VIENTO | ALTURA DEL OLEAJE (m) | DIRECCIÓN DEL OLEAJE |
| **2** | 30/07/23 | 29,0 | 40-60 | Ninguno | <1 | NW | <1 | N-W |

Los muestreos acústicos se realizaron con viento moderado del Norte, y con olas que no llegaron a los 1 m de altura, también de dirección N-W. El cielo se mantuvo despejado, con porcentajes variables de recubrimiento (40-60%) y ausencia de lluvia.

## 5.2. Resultados de las medidas acústicas submarinas

El **Cuadro 3** incluye los resultados del monitoreo acústico submarino en los diferentes sitios frente al puerto de Punta Rincón.

| PUNTO DE MUESTREO | FECHA MUESTREO | SPL (dB re 1μPa) | | Leq (dB re 1μPa) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | -1 m | -5 m | -1 m | -5 m |
| **RUI-1** | 30/07/23 | 84,1 | 85,4 | 87,3 | 87,8 |
| **RUI-2** | 30/07/23 | 85,2 | 86,6 | 87,2 | 87,7 |
| **RUI-3** | 30/07/23 | 85,4 | 85,7 | 86,9 | 87,3 |
| **RUI-4** | 30/07/23 | 85,3 | 86,8 | 87,3 | 87,9 |
| **RUI-5** | 30/07/23 | 84,8 | 85,4 | 87,4 | 87,8 |



De los resultados obtenidos se desprenden los siguientes comentarios:

- Los resultados de las mediciones acústicas submarinas en la campaña del mes de julio de 2023 se mantienen en todos los puntos de muestreo (y profundidades) de la malla de estaciones en el rango de los 84-86 dB (dB re 1μPa) para los valores de SPL y de 86-87 dB (dB re 1μPa) para los valores de Leq.

- Las diferencias observadas entre los valores a – 1 m y – 5 m de profundidad –con valores acústicos siempre superiores en la superficie del agua- están relacionados con las distorsiones sonoras asociadas con las olas y el viento, que hacen aumentar ligeramente los niveles en la superficie.

## 5.3. Comparación con umbrales de tolerancia de especies marinas

Por el momento, no existen umbrales de exposición sonora para especies marinas universalmente aceptados y que reflejen adecuadamente las complejas relaciones físicas, ambientales y los parámetros biológicos que tienen lugar en el medio marino. En algunos textos de recomendación, se han utilizado valores de 120, 140, 160, 180, o 190 dB como nivel umbral crítico de presión acústica para exposiciones específicas a ruido y de señales en mamíferos marinos. Pero estos valores umbrales son muy polémicos, ya que en el caso de algunas especies -como los Zifios- se han producido varamientos atípicos después de la exposición a niveles de presión sonora de mucha menor intensidad.

Recientemente, Southall et al[1] revisaron todos los posibles impactos acústicos sobre mamíferos marinos. Siguieron las pautas de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de EEUU de Norteamérica, particularmente los referidos a Nivel A (daño físico) y Nivel B (cambios en el comportamiento).

Para ello, consideraron, en primer lugar, tres categorías de fuentes sonoras (pulso único, pulso múltiple y fuentes no pulsadas):

[1] Southall, B. L., Bowles, A. E., Ellison, W. T., Finneran, J. J., Gentry, R. L., Greene Jr., C. R., Kastak, D., Ketten, D. R., Miller, J. H., Nachtigall, P. E., Richardson, W. J., Thomas, J. A., and Tyack, P. L. (2007). Marine mammal noise exposure criteria: Initial scientific recommendations. Aquatic Mammals 33(4), 411-522.



- Pulso simple. Evento acústico individual. Explosiones individuales, bombas sónicas, cañones de aire comprimido, hincado de pilones, ping simple de ciertos sonar, sondas de profundidad y pingers.

- Pulso múltiple. Eventos acústicos múltiples discretos. Explosiones en serie, cañones de aire comprimido secuencial, hincado de pilones, algunos sonar activo (IMAPS), algunas señales de sondas de profundidad

- Sin pulso. Eventos acústicos simples o múltiples estacionarios. Paso de buques y aviones, perforación, muchos tipos de construcciones u otras operaciones industriales, algunos sistemas sonar (LFA, táctico de media frecuencia), mecanismos acústicos de disuasión/hostigamiento, fuentes de tomografía acústica (ATOC), algunas señales de sondas de profundidad.

Asimismo, consideraron cinco grupos de mamíferos marinos comprendidos en las categorías de cetáceos de “baja frecuencia”, de “frecuencia media”, y de odontocetos de “frecuencia alta”, que se incluyen en el **Cuadro 4**.

**CUADRO 4. GRUPOS FUNCIONALES DE MAMÍFEROS MARINOS SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS AUDITIVAS**

| GRUPO FUNCIONAL | ANCHO DE BANDA AUDITIVO ESTIMADO | GÉNERO REPRESENTADO |
|---|---|---|
| GRUPO I. Baja frecuencia | 7 Hz a 22 kHz | Balaena, Caperea, Eschrichtius, Megaptera, Balaenoptera |
| GRUPO II. Media frecuencia | 150 Hz a 160 kHz | Steno, Sousa, Sotalia, Tursiops, Stenella, Delphinus, Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, Grampus, Peponocephala, Feresa, Pseudorca, Orcinus, Globicephala, Orcaella, Physeter, Delphinapterus, Monodon, Ziphius, Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon, Mesoplodon |
| GRUPO III. Alta frecuencia | 200 Hz a 180 kHz | Phocoena, Neophocaena, Phocoenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia, Cephalorhynchus |



En el **Cuadro 5** se presentan los criterios del Nivel A, con la salvedad de que todavía no han sido utilizados en recomendaciones o normas ambientales, pero se pueden considerar consistentes con los criterios de energía aplicables a misticetos y odontocetos y son una referencia por el momento válida para tener umbrales provisionales de tolerancia.

| CUADRO 5. NIVELES DE TOLERANCIA POR GRUPOS DE CETÁCEOS | | | |
|---|---|---|---|
| **GRUPO DE CETÁCEOS** | **PULSOS SIMPLES** | **PULSOS MÚLTIPLES** | **SIN PULSOS** |
| **GRUPO I. Baja frecuencia** | | | |
| Nivel de Presión Sonora | 230 dB* | 230 dB* | 230 dB* |
| Nivel de Exposición Sonora | 198 dB** | 198 dB** | 215 dB** |
| **GRUPO II. Media frecuencia** | | | |
| Nivel de Presión Sonora | 230 dB* | 230 dB* | 230 dB* |
| Nivel de Exposición Sonora | 198 dB** | 198 dB** | 215 dB** |
| **GRUPO III. Alta frecuencia** | | | |
| Nivel de Presión Sonora | 230 dB* | 230 dB* | 230 dB* |
| Nivel de Exposición Sonora | 198 dB** | 198 dB** | 215 dB** |

NOTAS: ** SEL en dB re 1 µPa a 1m; * SPL en dB re 1µPa a 1 m.

Según el informe elaborado por el PNUD2 sobre la distribución de los mamíferos marinos en la Sub-Región II (Belice, Costa Rica, Guatemala, Honduras, México (Yucatán), Nicaragua y Panamá) del mar Caribe, en la que se encuentra Punta Rincón, las principales especies costeras se corresponden con los siguientes delfines oceánicos: Delfín moteado, Delfín manchado del Atlántico, Delfín de pico largo, Delfín acróbata de hocico corto, Delfín nariz de botella, Delfín listado y Delfín gris.

Estas especies quedarían clasificadas dentro del grupo funcional II (GRUPO II Media Frecuencia), para las que les correspondería un nivel de tolerancia para pulsos simples y múltiples de 230 dB (SPL en dB re 1µPa a 1 m).

Los valores de presión sonora obtenidos en todos los puntos de muestreo, profundidades y exposiciones se han mantenido por debajo de este nivel de tolerancia, por lo que no es previsible que se produzcan efectos o alteraciones sobre estas especies.

[2] Elementos para el Desarrollo de un Plan de Acción para los Mamíferos Marinos en el Gran Caribe: Una Revisión de la Distribución de los Mamíferos Marinos. Primera Reunión de las Partes Contratantes (COP) del Protocolo Relativo a las Areas y Flora y Fauna Silvestres Especialmente Protegidas (SPAW) en la Región del Gran Caribe. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. JULIO 2001.



# 6. RESUMEN Y CONCLUSIONES

Los principales resultados y conclusiones obtenidas en el presente Informe se resumen en los puntos siguientes:

1. Siguiendo las directrices establecidas en el Programa de Monitoreo del Ruido Submarino, se ha completado la campaña de monitoreo nº 2 en el mes de julio de 2023 en el entorno del puerto de Punta Rincón.

2. En la campaña de monitoreo se han realizado mediciones de los Niveles de Presión Sonora (SPL) y Nivel de Sonido Equivalente (Leq), para una banda de frecuencia comprendida entre los 10 Hz en cinco puntos de medidas, a dos profundidades y en período diurno, debido a que durante la noche no hay actividad en el puerto.

- Los resultados de las mediciones acústicas submarinas en la campaña del mes de julio de 2023 se mantienen en todos los puntos de muestreo (y profundidades) de la malla de estaciones en el rango de los 84-86 dB (dB re 1μPa) para los valores de SPL y de 86-87 dB (dB re 1μPa) para los valores de Leq.

3. Las diferencias observadas entre los valores a – 1 m y – 5 m de profundidad –con valores acústicos siempre superiores en la superficie del agua- están relacionados con las distorsiones sonoras asociadas con las olas y el viento, que hacen aumentar ligeramente los niveles en la superficie.

4. Se han comparado los resultados obtenidos en las mediciones con los umbrales de tolerancia de las principales especies marinas con mayor sensibilidad al ruido submarino presentes en el área, según los datos científicos disponibles en la actualidad.



5. Por el momento, no existe una legislación al respecto en la República de Panamá, ni se cuenta con umbrales de exposición sonora para especies marinas universalmente aceptados y que reflejen, de forma adecuada, las complejas relaciones físicas, ambientales y los parámetros biológicos que tienen lugar en el medio marino.

6. Por este motivo, se han empleado como valores de referencia los límites propuestos por Southall et al, que siguen las pautas de la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de EEUU de Norteamérica, particularmente los referidos a Nivel A (daño físico) y Nivel B (cambios en el comportamiento).

7. Estos límites tienen en cuenta las categorías de las fuentes sonoras (pulso único, pulso múltiple y fuentes no pulsadas) y los grupos funcionales de mamíferos marinos presentes en la zona (cetáceos de “baja frecuencia”, de “frecuencia media”, y de odontocetos de “frecuencia alta”).

8. En la zona litoral del mar Caribe frente a Punta Rincón predominan siete especies de delfines oceánicos (que se han clasificado en el GRUPO II Media Frecuencia), para las que les correspondería un nivel de tolerancia para pulsos simples y múltiples de 230 dB (SPL en dB re 1µPa a 1 m).

9. Los valores de presión sonora obtenidos en el presente estudio -en todos los puntos de muestreo, profundidades y exposiciones-, se han mantenido por debajo de este nivel de tolerancia, por lo que no es previsible que se produzcan efectos o alteraciones sobre estas especies.



# ANEXO 1
# CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL HIDROFONO

## Calibration Chart for Hydrophone Type 8103

Serial No.:2323885



Brüel & Kjær

**Calibration Chart for Hydrophone Type 8103**

Serial No.: 2323885

Reference Sensitivity at 250 Hz: ±2% at 23 °C, including integral cable

Voltage Sensitivity (Open Circuit Sensitivity):

−211,1 dB ± 0.25 dB re 1 V/μPa or 27,6 μV/Pa

Charge Sensitivity: 103·10⁻³ pC/Pa

Capacitance (including integral cable): 3700 pF

Cable Capacitance: 95 pF/m

Leakage Resistance: > 2,8 GΩ at 23 °C

Frequency Response (at ref. pos.): Individual Free Field Frequency Response Curve attached

Measurement Uncertainty (re 10kHz):
10 to 80 kHz ± 1.5 dB
80 to 100 kHz ± 1.8 dB
100 to 200 kHz +3.5 dB, −1.5 dB

**Summarized Specifications** (re 250 Hz)

Frequency Response (tolerance field excluding measurement uncertainty):
0.1 Hz to 20 kHz +1 dB, −1.5 dB
0.1 Hz to 100 kHz +1.5 dB, −4 dB
0.1 Hz to 180 kHz +3.5 dB, −12.5 dB

Horizontal Directivity 100 kHz: (XY – plane) ± 2 dB

Vertical Directivity 100 kHz: (XZ – plane) ± 4 dB

Date 26-08-19 Signature

**Physical** (mm)

Cable: Double shielded low noise

Weight (including 6 m cable): 170g

**Environmental**

Operating Temperature Range:
Short term −40 °C to +120 °C
Continuous −40 °C to +80 °C

Change of Sensitivity with Temperature:
Charge 0 to 0.03 dB/°C
Voltage 0 to −0.03 dB/°C

Change of Sensitivity with Static Pressure:

Temperature Transient Sensitivity:

Allowable Total Radiation Dose: 5 × 10⁷ Rad

Acceleration Sensitivity: < 190 dB re 1 μPa/ms⁻²

Maximum Operating Static Pressure: 4 × 10⁶ Pa (40 atm)

Note: All values are typical at 25 °C (77 °F), unless measurement uncertainty or tolerance field is specified. All uncertainty values are specified at 2σ (i.e. expanded uncertainty using a coverage factor of 2).

For further information see User Manual

